

# Charakteristiky laseru vytvářejícího světelné impulsy o délce několika pikosekund

Michal Schnürch, Matiční gymnázium Ostrava

[michalschnurch@seznam.cz](mailto:michalschnurch@seznam.cz)

## Abstrakt

Cílem toho projektu bylo seznámení s laserem a jeho vlastnostmi. Tudiž s tím co to laser (potažmo laserový paprsek je), jak vzniká a jeho vlastnosti. A dále měření těchto vlastností, kterými jsou vlnová délka, délku pulsu, energii (a odpovídající výkon) a příčný profil svazku.

## 1. Laser a jeho využití

Laser jako takový byl vynalezen v roce 1960. Od této doby našel velkou spoustu různých oblastí využití, ve kterých se drží do dnes. Můžeme zmínit kupříkladu lékařství, kde je ceněn například u očních operací, zákrocích v mozkové části, zubní medicína a to hlavně pro to, že umožňuje zákrok neinvazivního charakteru. Tím je myšleno, že laser je schopný proniknout do lidského těla bez toho, aby jej poškodil a při soustředění více paprsků v jednom místě už soustředěná energie schopna řezat, či odpařovat tkáň. Díky tomu jsme schopni v mnohých případech operovat člověka, aniž bychom ho museli „rozřezat“. Další velké využití je průmyslu, jelikož laser dokáže být velmi přesný a využívá se ke svařování a řezání. Můžeme díky němu měřit vzdálenosti podle jeho zpětného odrazu nebo zapisovat a číst data na optických discích. A samozřejmě laserová ukazovátka...

## 2. Princip fungování laseru

Laserový paprsek je svazek naprosto totožných fotonů pohybujících se prostorem v přímce. Základem laseru je aktivní prostředí, kterým může být pevná látka, kapalina, plyn a polovodiče (které sice jsou také pevnou látkou, ale fungují na trochu jiném principu a je jich takové množství, že si vysloužili kategorii jen pro sebe). Toto aktivní prostředí nějakým způsobem ozáříme, kdysi se za tímto účelem používali výbojky, ale dnes je nahradily diody nebo méně výkonnější lasery. Důsledkem toho ozáření je, že se v našem aktivním prostředí některé elektrony dostávají do vyšších energetických hladin. Následně se elektrony vracejí zpátky na původní energetickou hladinu, a aby srovnali energii, dochází k vyzařování fotonů, které vylétnou pryč. Tyto fotony jsou následně zrcadlem odraženy a vráceny zpátky do aktivního prostředí, kde dochází ke srážkám těchto fotonů s elektrony s vyšší energetickou hladinou. Po srážce se i tyto elektrony vrací na původní energetickou hladinu a tím dochází k vytvoření dalších zcela identických fotonů. Tyto fotony se pak dostávají k druhému polopropustnému zrcadlu, kde část fotonů projde a zbytek se odrazí zpět do aktivního prostředí a opět se sráží s elektrony a odráží se od prvního zrcadla zpět...

## 3. Experimentální uspořádání

Uspořádání laseru je znázorněno na obrázku 1. [1]

Laserový systém se skládá z následujících prvků:

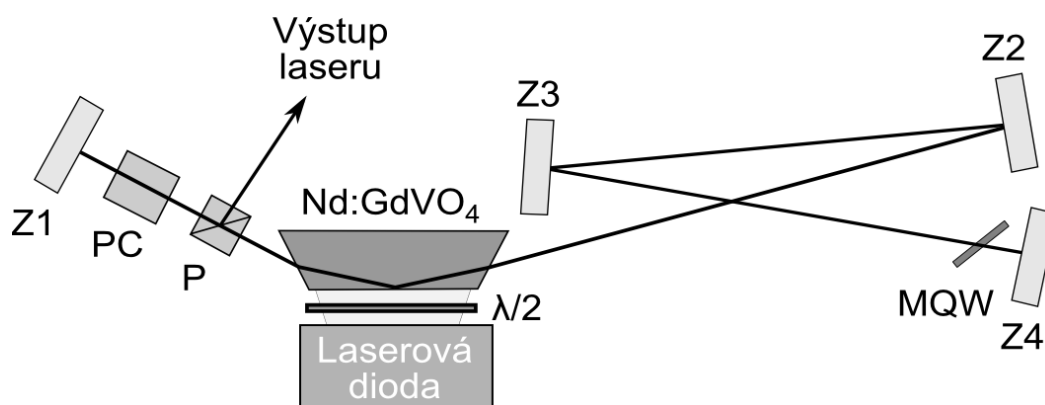
Z1-Z4: zrcadla optického rezonátoru

PC+P: Pockelcova cela a polarizátor umožňují výběr jednotlivých impulsů

MQW: zajišťuje impulsní režim laser (tzv. režim synchronizace modů)

Aktivním prostředím je Nd:GdVO<sub>4</sub> (Neodymem dopovaný Gadolinium Vanadát).

Laserová dioda ozařuje Aktivní prostředí.



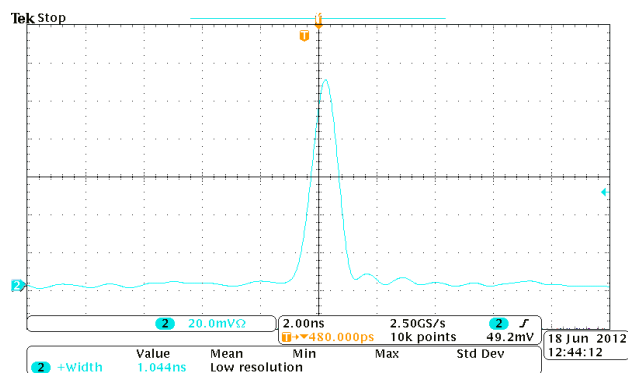
Obr 1 Schéma Laseru

## 4. Výsledky měření

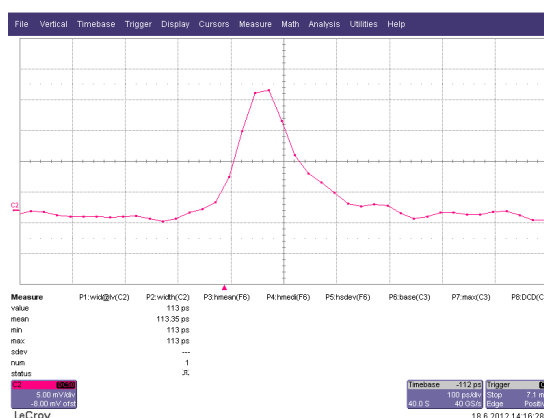
U měření je nejpodstatnější bezpečnost a tu zde tvoří hlavně ochranné brýle. Jednotlivé součástky určené k měření či zaznamenávání vkládáme přímo do svazku laseru, je-li to nutné, chráníme je před poškozením pomocí filtrů.

### Měření délky pulsu

Fotodioda zaměřená laserem je napojená na osciloskop, který nám ukazuje časové průběhy pulsů a jejich délku. Osciloskopy jsme využili dva, přičemž každý z nich byl jinak citlivý a přesný. První osciloskop (Tetronix DPO 3032) nám udal délku 1,044 ns (obrázek 2) což je na hranici měřicího rozsahu přístroje. Druhý osciloskop (LeCroy SDA9000, obrázek 3), podstatně přesnější, výkonnější a dražší zařízení než ten první, ukázal dokonce hodnotu přibližně 10x menší a to 113 ps (což je 0,113 ns). To je dost podstatný rozdíl způsobený hlavně nepřesností prvního osciloskopu a tím, že se hodnoty pohybovali za hranici měřicího rozsahu přístroje, proto považujeme výsledek druhého osciloskopu za mnohem reálnější.



Obr. 2 časový průběh pulsu zaznamenaný prvním osciloskopem



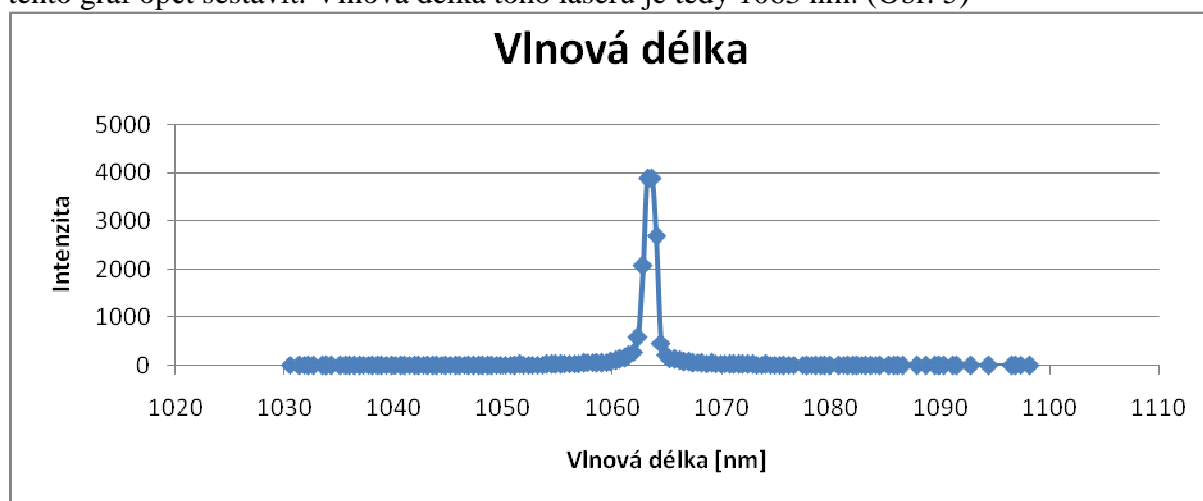
Obr. 3 časový průběh pulsu zaznamenaný druhým osciloskopem

## Měření energie a výpočet výkonu

Energetická sonda (Coherent J-25MB-CE) nám udala hodnotu 1,8 mV, to je nutno ještě přepočítat vzhledem k jejím vlastnostem a to podělením 140 V/J, abychom získali energii jednoho impulsu laseru, která vychází  $13 \times 10^{-6}$  J. Z té můžeme spočítat Průměrný výkon vynásobením počtem pulsů v sekundě, kterých je 10. A průměrný výkon je tedy 0,13 mW. Dalsším vypovídajícím parametrem je tzv. špičkový výkon, ke kterému se dostane podělením energie délkou pulsu, to vychází 130 kW.

## Měření vlnové délky

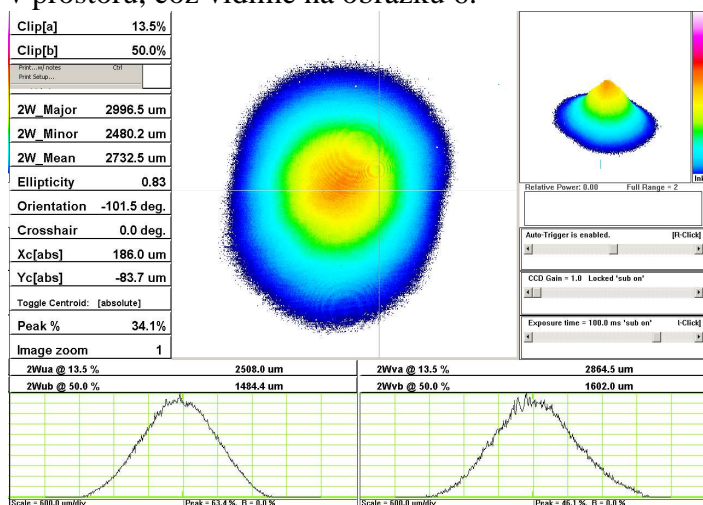
Spektrofotometr (Ocean optics HR 2000) zaznamenal vlnovou délku laseru, tato data zpracoval počítač, který následně zobrazil takovýto podobný graf a čísla ze kterých lze po té tento graf opět sestavit. Vlnová délka toho laseru je tedy 1063 nm. (Obr. 5)



Obr. 5 Graf vlnové délky

## Měření příčného profilu svazku

K měření profilu svazku je zapotřebí kamera (Wincam) a počítač se daným softwarem. Jelikož je laser a jeho jednotlivé části dobře upevněn, bylo třeba manipulovat s kamerou a zachytit neviditelný laserový paprsek do středu této kamery. Zároveň je nutno kameru chránit před poškozením a proto je třeba před ni umístit filtry, které ji následně chrání před trvalým poškozením. Počítač napojený na kameru po té ukazuje rozložení laserového svazku v prostoru, což vidíme na obrázku 6.



Obr. 6 Příčný popis svazku

## 5. Závěr

V rámci práce byli změřeny následující parametry laseru:

Délka pulsu: 113 ps

Energie:  $13 \times 10^{-6}$  J

Vlnová délka: 1063 nm

Příčný profil svazku: základní (kulatý)

## 6. Poděkování

Nyní bych chtěl poděkovat fakultě Jaderné a fyzikálně inženýrské Českého vysokého učení technického v Praze za organizaci Týdne vědy. A hlavně Ing. Michalu Jelínkovi za projekt, který byl velice zajímavý za pomoc, když jsem si s něčím nevěděl rady a za to, že mi ukázal, že když naměřím nějakou hodnotu tak to nutně neznamená, že taková skutečně je...

## Reference

[1] Kubeček V., Jelínek M., Čech M., Hiršl P., Diels J.-C.,.: 0.4 mJ quasi-continuously pumped picosecond Nd:GdVO<sub>4</sub> laser with selectable pulse duration, Laser Phys. Lett. 7, 2010, pp 130–134.